

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 42 43 040 A 1

51 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
H 05 K 1/05  
C 03 C 10/00  
H 01 L 23/08  
H 01 L 23/373

21 Aktenzeichen: P 42 43 040.2  
22 Anmeldetag: 18. 12. 92  
43 Offenlegungstag: 24. 6. 93

DE 42 43 040 A 1

30 Unionspriorität: 32 33 31  
18.12.91 US 809371 18.12.91 US 809372

71 Anmelder:  
General Electric Co., Schenectady, N.Y., US

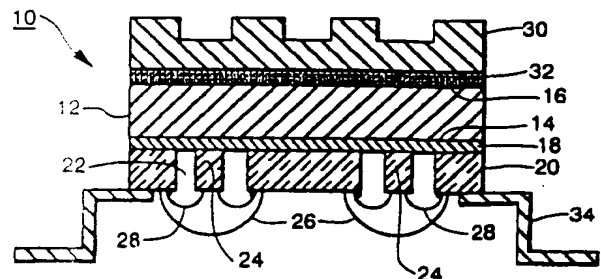
74 Vertreter:  
von Bezold, D., Dr.rer.nat.; Schütz, P., Dipl.-Ing.;  
Heusler, W., Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte, 8000 München

72 Erfinder:  
Cherukuri, Satyam Choudary, Cranbury, N.J., US;  
Onyshkevych, Lubomyr Stephen, Lawrenceville,  
N.J., US; Prabu, Ashok Narayan, East Windsor, N.J.,  
US; Thaler, Barry Jay, Lawrenceville, N.J., US

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Mehrschichtige Metall-Keramik-Schaltungsplatte und Verfahren zu ihrer Herstellung

57 Die Erfindung betrifft generell beliebige Typen von als Ganzes gebrannten, mehrschichtigen Keramik-auf-Metall-Schaltungsplatten als neuer Gegenstand sowie ein Verfahren zu seiner Herstellung. Sie betrifft insbesondere verschiedene Materialien eines  $\text{MgO-B}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ -Glas-Keramik-Systems und Materialien aus einer solchen Glaskeramik und geeigneten Füllstoffen, die sich für die Herstellung von als Ganzes gebrannten, mehrschichtigen Keramik-auf-Metall-Schaltungsplatten eignen, bei denen die zusammengebrannte mehrschichtige Keramik wünschenswerte elektrische Eigenschaften und einen Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweist, der weitgehend mit dem der gleichzeitig erhitzten Metallbasis übereinstimmt, wenn diese Materialien auch anderweitig verwendet werden können. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Herstellen solcher Schaltungsplatten (10) unter Verwendung einer Bindschicht (18) aus Glas, die einen Wärmeexpansionskoeffizienten hat, der nicht größer als der der Metallbasis (2) ist. Die Glas-Bindschicht hat einen Erweichungspunkt unter dem des Glases in der auf ihr angeordneten mehrschichtigen Keramik (20), so daß das Glas der Bindschicht beim Brennen der Glas-Keramik fließt, sich mit dem Metall verbindet und gleichzeitig die laterale Schrumpfung der mehrschichtigen Keramik minimal hält.



DE 42 43 040 A 1

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine mehrschichtige, gemeinsam gebrannte Keramik-auf-Metall-Schaltungsplatte gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Es ist bekannt, mehrschichtige, gemeinsam gebrannte Keramik-Schaltungsplatten aus einem Stapel von Schichten aus im Handel erhältlichem keramischem dielektrischen Bandmaterial herzustellen, wie es unter dem Handelsnamen GREEN TAPE von der Firma E.I. Du Pont Company, Wilmington, Delaware, USA erhältlich ist. Die Schichten aus dem keramischem Bandmaterial haben jeweils eine Dicke von etwa 0,13 mm. Die Oberfläche jeder Schicht kann mit metallischen Leitern bedruckt sein, die miteinander durch kleine Löcher (im englischen Sprachgebrauch "vias") in einer oder mehreren dieser Schichten elektrisch verbunden werden können. Die

Löcher werden mit einem leitfähigen Material ausgefüllt. Eine solche durch einen gemeinsamen Brennvorgang hergestellte keramische Schaltungsplatte ist beispielsweise in der US-PS 50 41 695 (J. A. Olenick) beschrieben.

Es stehen zwei Typen von miteinander, gemeinsam gebrannten keramischen Schaltungsplatten zur Verfügung, nämlich:

- 1) bei hoher Temperatur (typischerweise unter 1300°C) gebrannte und
- 2) bei niedriger Temperatur (typischerweise unter 1000°C) gebrannte.

Die Hochtemperatur-Cobrenn-Technologie wird für Aluminiumoxid- und Aluminiumnitrid-Keramik verwendet, während die Niedertemperatur-Cobrenn-Technologie für Glaskeramik (mit keramischem Füllstoff beschwerte Gläser im Glaszustand oder entglasten Zustand) verwendet wird. Die Leitermetallurgie für bei hoher Temperatur gleichzeitig gebrannte Schaltungsplatten arbeitet mit W oder Mo-Mn, während bei Schaltungsplatten, die als Ganzes bei niedriger Temperatur gebrannt werden, Leiter aus Ag, Au, AgPd oder Cu verwendet werden.

Ein Problem, das bei der Herstellung von mehrschichtigen, als Ganzes gebrannten keramischen Schaltungsplatten auftritt, ist der Volumenschwund beim Brennen. Dieser Schwund, der sowohl in den Flächenrichtungen x und y als auch in der Dickenrichtung z der jeweiligen Schichten auftritt, hat seine Ursache darin, daß während des Brennens Luft entweicht, welche zwischen den Teilchen sowie im organischen Binder des grünen Bandmaterials eingeschlossen ist. Der Schwund ist verhältnismäßig groß, typischerweise 10 bis 15% für bei niedriger Temperatur als Ganzes gebrannte Mehrschicht-Schaltungsplatten. Man kann zwar versuchen, den Schwund in den Flächenrichtungen x und y durch Überdimensionierung der Fläche der Schichten aus dem grünen Bandmaterial zu kompensieren, es ist jedoch recht schwierig, den Schwund konsistent zu kontrollieren. Um beispielsweise die Schwankungen der x- und y-Abmessungen einer gebrannten mehrschichtigen Schaltungsplatte innerhalb eines Toleranzbereiches von 0,1% zu halten, ist ein Grad von Kontrolle erforderlich, der bis zu ein oder zwei Teile pro hundert im Ausmaß des Schwundes betragen kann. Aus diesem Grund ist der Ausschub bei als Ganzes gebrannten Schaltungsplatten hoch. Die bei niedriger Temperatur als Ganzes gebrannten mehrschichtigen Schaltungsplatten haben außerdem wegen der Glaskeramik eine schlechte Wärmeleitfähigkeit und eine niedrige Biegefestigkeit.

Es sind auch Einfachschichten aus Keramik bekannt, die auf ein Metallsubstrat aufgebrannt sind, wie Porzellanemail auf Stahl. Da der Wärmeausdehnungskoeffizient des das Substrat bildenden Stahls relativ groß ist, muß auch das Material der auf das Stahlsubstrat aufgeschmolzenen Keramikschicht einen relativ großen Wärmeausdehnungskoeffizienten haben, um dem des Substrats möglichst nahe zu kommen. Man hat Glaskeramiken mit hohem Bariumgehalt und hohem Ausdehnungskoeffizienten entwickelt, die für die Herstellung solcher Porzellanemail-auf-Stahl-Platten verwendet werden können. Es sind auch andere Keramiksysteme bekannt, die einen relativ großen Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweisen, der hohe Wärmeausdehnungskoeffizient dieser Systeme wird typischerweise durch den Zusatz von Oxiden von Schwermetallen, wie Blei, Barium oder Alkalien, z. B. Natrium und Kalium, erreicht. Dies hat jedoch höhere Dielektrizitätskonstanten und höhere dielektrische Verluste zur Folge und kann zu einer schlechteren chemischen Beständigkeit führen, was solche Systeme hoher Wärmedehnung zu schlechten Kandidaten für die Verwendung zur Herstellung von mehrschichtigen, als ganzes gebrannten Keramik-Schaltungsplatten macht, die in mikroelektronischen Baugruppen oder Moduleinheiten und zur Halterung und zum Anschluß von IC-Chips verwendet werden können.

Durch die vorliegende Erfindung soll, allgemein gesprochen, eine mehrschichtige, als Ganzes gebrannte Keramik auf einer Metallbasis, insbesondere ein System von für ein Brennen als Ganzes geeigneten Niedertemperatur-Glaskeramiken mit hohem Ausdehnungskoeffizienten geschaffen werden, welches bei Feinabstimmung mit gewissen Füllmaterialien Dielektrizitätskonstanten und dielektrische Verluste aufweist, die genügend niedrig sind, um sie für die Herstellung von mehrschichtigen, als Ganzes gebrannten, Keramik-auf-Metall-Schaltungsplatten für mikroelektronische Baugruppen geeignet zu machen. Durch die Erfindung soll ferner ein Verfahren zum Herstellen solcher Schaltungsplatten angegeben werden, bei der eine sichere Verbindung der Keramik mit der Metallbasis (Metallsubstrat) gewährleistet ist.

Die Erfindung wird im folgenden unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer mikroelektronischen Baugruppe, die gemäß der Erfindung hergestellt wurde, und

Fig. 2 ein Flußdiagramm der Verfahrensschritte einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Zur Herstellung der in Fig. 1 im Schnitt und stark vergrößert dargestellten Struktur stellt man als erstes eine Metallbasis oder ein Metallsubstrat 12 mit zwei einander entgegengesetzten Hauptflächen 14 und 16 her, beispielsweise durch Stanzen eines nicht dargestellten Metallkernes und anschließendes Anlassen des Kernes bei einer Temperatur von etwa 500 bis 900°C um eine gute Dimensionsstabilität zu gewährleisten. Die Oberflä-

chen des Kerns werden gereinigt, um Schmutz und Oxide zu entfernen. Vorzugsweise wird mindestens eine der Hauptflächen 14 und 16 mit einem geeigneten Material, wie Kupfer, mit einer Dicke von etwa 0,5 bis 25  $\mu\text{m}$  galvanisiert. Geeignete Materialien für das Substrat 12 sind u. a. Cu, Al, Ni, nichtrostender Stahl, kohlenstoffarmer Stahl, Cu/Invarstahl/Cu, Cu/Mo/Cu oder Cu/nichtrostender Stahl/Cu, wobei letzteres bevorzugt wird.

Eine Binde-schicht 18 aus Glas, insbesondere eines Glases mit einem Wärmeexpansionskoeffizienten, der kleiner ist als der des Substrats 12, wird als Suspension auf eine der Hauptflächen, z. B. die Fläche 14 des Substrats 12 aufgebracht. Die Suspension kann durch Siebdruck, Sprühen, Schleuderbeschichtung, Streichen, Fluidbettbeschichtung, elektrophoretisches Niederschlagen oder andere äquivalente Methoden erfolgen. In der Praxis wurden bei der Herstellung von Schaltungsplatten gemäß der Erfindung Siebdruck- und Sprühverfahren verwendet. Auf der Glas-Binde-schicht 18 wird eine mehrschichtige Keramikstruktur 20 vorgesehen.

Die mehrschichtige Keramikstruktur 20 kann durch Aufbringen von mehreren Schichten grünen Bandes auf die Glas-Binde-schicht hergestellt werden oder die laminierte Keramikstruktur kann biskuitgebrannt oder getrocknet werden, bevor sie auf die Glas-Binde-schicht 18 aufgebracht wird. Für eine Cu/nichtrostender Stahl/Cu-Basis wird die resultierende Struktur in Stickstoff (etwa 10 000 ppm  $\text{O}_2$ ) mit einer Spitztemperatur von etwa 900 bis 930°C für etwa 2 bis 20 Minuten als Ganzes gebrannt, um die Keramik mit der Oberfläche 14 der Basis oder des Substrats 12 zu verbinden. Die Binde-Zwischenschicht 18 aus Glas hat zwei Funktionen: Sie dient zur Anbringung der mehrschichtigen Keramik 20 an der Basis 12 und sie hält den Schwund der Keramik 20 in der x- und der y-Dimension während des Brennens minimal. Die Binde-schicht 18 aus Glas muß außer, daß sie einen Expansionskoeffizienten, der kleiner als der der Metallbasis 12 ist, hat, genügend mit der Kupferbeschichtung und den Kupferoxiden auf der Oberfläche 14 der Basis 12 reagieren, um die Verbindung zwischen der Keramik 20 und der Basis während des gemeinsamen Brennvorganges zu fördern und aufrechtzuerhalten. Das Glas der Binde-schicht 18 muß einen relativ niedrigen Erweichungspunkt (kleiner als 600°C) haben, so daß es fließen und sich mit der Oberfläche 14 der Metallbasis 12 verbinden kann, und es muß geeignete Oberflächenspannungseigenschaften bei Temperaturen unterhalb des Erweichungspunktes des Glases in der Keramikschicht 20 aufweisen, um den lateralen (x und y) Schwund der Keramik so klein wie möglich zu halten. Außerdem muß das Glas der Binde-schicht 18 eine gute chemische Beständigkeit und gute dielektrische Eigenschaften aufweisen.

Die Zusammensetzung der Glas-Binde-schicht 18 wird durch die Zusammensetzung des Metallkernes und seiner thermischen Eigenschaften sowie durch die Zusammensetzung des Keramiklaminats, die Sintereneigenschaften und das bei der Herstellung der zusammengebrannten Keramik-auf-Metall-Schaltungsplatte verwendete Verfahren beeinflußt. Jede Schicht der mehrschichtigen Keramikstruktur enthält eine Glaskeramik/Füllstoff-Zusammensetzung mit einem Wärmeausdehnungskoeffizient, der mit dem der Basis und der Glas-Binde-schicht im Temperaturbereich von Raumtemperatur bis etwa 600°C weitgehend übereinstimmt. Eine Anzahl von Gläsern des Mehrstoffsystems  $\text{PbO-ZnO-BaO-B}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$  sind für die Binde-schicht 18 geeignet. Diese Gläser können auch kleine Mengen von  $\text{ZrO}_2$  und  $\text{Al}_2\text{O}_3$  enthalten. Einige vereinfachte, exemplarische Zusammensetzungen und ihre typischen Eigenschaften sind in der folgenden Tabelle I aufgeführt.

Tabelle I

Glas-System	Wärmeausdehnungs- koeffizient ( $10^{-7}$ )/°C	Einweichungs- punkt (°C)
Pb-Borat	75—120	280—430
Pb-Zn-Borat	70—110	320—450
Pb-Borosilicat	40—120	370—700
Pb-Zn-Borosilicat	75—80	370—700
Pb-Zn-Ba-Borosilicat	75—100	380—400
Pb-Aluminosilicat	60—85	440—485
Pb-Alumino-Borosilicat	80—90	390—440

Keramik-auf-Metall-Schaltungsplatten gemäß der Erfindung wurden unter Verwendung von Gläsern der Pb-Zn-Borosilicat- und Pb-Zn-Ba-Borosilicat-Glassysteme, die in Tabelle I aufgeführt sind, hergestellt. Das bevorzugte Glas des Pb-Zn-Ba-Borosilicat-Systems ist ein handelsübliches Glas mit der Bezeichnung SCC-11, das von der Firma SEM-CON Co. Toledo, OH, USA erhältlich ist. Ein anderes geeignetes Glas aus demselben System wird von der Firma Owens Illinois, Toledo, OH, USA, unter der Bezeichnung CV-808 vertrieben. Dieses letzterwähnte Glas enthält einen kleinen Anteil an  $\text{ZrO}_2$ . Ein geeignetes Glas aus dem Pb-Zn-Borosilicat-System ist das Glas des Typs CV-101 der Firma Owens Illinois.

Diese Bindegläser wurden mit Erfolg eingesetzt, um eine gute Haftung der laminierten Keramik an einer Cu/nichtrostender/Stahl/Cu-Basis 12 zu gewährleisten. Außerdem wird der x-y-Schwund der laminierten Keramikschicht 20 durch Verwendung dieser Gläser um mehr als eine Größenordnung auf etwa 0,8% verringert. Der x-y-Schwund des Keramiklaminats beträgt ohne die Glas-Binde-schicht typischerweise 12—15%. Die Metallbasis 12 weist außerdem eine gute thermische Leitfähigkeit und eine hohe Biegefestigkeit auf, so daß auch die Probleme der schlechten Wärmeleitfähigkeit und niedrigen Biegefestigkeit der bekannten Schaltungsplatten, die nur eine mehrschichtige, bei niedriger Temperatur als Ganzes gebrannte Glaskeramik enthalten, überwunden werden.

Für die Leitermetallurgie eignen sich Ag, Au, AuPt, AgPd, Ni und Cu. Wenn Schaltungsplatten mit Edelmetall-

leiten als Ganzes gebrannt werden, können Stickstoff oder irgendeine andere inerte Atmosphäre erforderlich sein, um eine Oxidation der Metallbasis zu verhindern. In dem laminierten Band können geeignete Schlitz für integrierte-Schaltungs-Chips vorgesehen sein, um diese direkt auf der Metallbasis anzuordnen, wobei ein Kleber, ein Lot oder irgendein anderes direktes Verbindungsverfahren verwendet werden kann, um eine sehr wirksame Hitzeverteilung zu gewährleisten. Eine Schaltung hoher Dichte kann auf der als Ganzes gebrannten Keramik unter Verwendung der Photolithographie für die Deckschichtleiter hergestellt werden. Es ist außerdem möglich, zusätzliche Polymerschichten auf die als Ganzes gebrannte Keramik, z. B. durch Schleuderbeschichtung, aufzubringen und dann Dünnschicht-Galvanisierungs- oder Schichtbildungstechniken zur Bildung von Schaltungen sehr hoher Dichte zu verwenden.

Die hier beschriebene Technologie für die als Ganzes gebrannten Schaltungsplatten auf Metallbasis ermöglicht es außer der Herstellung von Schaltungsplatten hoher Dichte mit ausgezeichneten Wärmeableitungs- bzw. Wärmeverteilungs- und Schwundsteuereigenschaften auch eine mechanisch robuste Basis zu erhalten. Ferner können IC-Schaltungsplättchen und andere Komponenten direkt am Metall angebracht werden, indem man Schlitz entweder im grünen Bandmaterial vorsieht, wie es in Fig. 1 dargestellt und unten beschrieben ist oder auf der der mehrschichten Keramik entgegengesetzten Seite der Metallbasis. Die Komponenten können durch Löten, Drahtverbindung, TAB (Filmbonden) Flip-Chip- oder Klebstoff-Befestigung angebracht werden. Die Kapselung kann hermetisch (Glas-Metall-Verschmelzung) oder nichthermetisch mit geeignetem Einhüllen oder Vergießen zum Komponentenschutz erfolgen.

Es ist nicht beabsichtigt, die erfindungsgemäße, mit Brennen als Ganzes arbeitende Mehrschicht-Keramik-auf-Metall-Technologie der vorliegenden Erfindung auf irgendeine spezielle Anwendung zu beschränken, sie eignet sich jedoch besonders für mikroelektronische Packungen und Einheiten, da die gebrannte mehrschichtige Keramik hierfür geeignete elektrische Eigenschaften und andere günstige Eigenschaften aufweist. Diesbezüglich wird auf die folgende Tabelle II verwiesen, die ein Beispiel für eine Pflichtenliste der elektrischen und anderen Eigenschaften enthält, bei einem praktischen Fall einer mikroelektronischen Packung von der gebrannten mehrschichtigen Keramik gefordert werden.

Tabelle II

Eigenschaften	Gewünschter Wert
Wärmeexpansionskoeffizient (25–250°C)	$90 - 130 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$
Dielektrizitätskonstante (1 MHz)	$< 6,6$
Verlustfaktor (1 MHz)	$< 0,0035$
Spannungsfestigkeit	$> 2 \text{ kV/mm}$
Spezifischer (Volumen-)Widerstand	$> 10^{12} \text{ Ohm cm}$
Flächenwiderstand der vergrabenen Leiter	$< 10 \text{ mOhm/Quadrat}$
Spezifischer Widerstand von Via-Leiter	$< 50 \text{ mOhm/Quadrat}$
Spezifischer Widerstand der Oberflächenleiter	$< 50 \text{ mOhm/Quadrat}$
Krümmung	$< 0,005''/\text{Zoll}$
Langzeit-Zuverlässigkeit (HHBT-Bedingungen)	(keine Kurzschlüsse)

In der Tabelle II beziehen sich die HHBT-Bedingungen bezüglich der Langzeit-Zuverlässigkeit auf einen beschleunigten Alterungstest, bei welchem eine Mikroelektronikpackungsprobe bei hoher Feuchtigkeit und hoher Temperatur eine vorgegebenen Spannungsbeanspruchung für eine bestimmte Zeit ohne elektrischen Durchbruch standhalten muß.

Die Verwendung der mit Brennen als Ganzes arbeitenden Mehrschicht-Keramik-auf-Metall-Technologie der vorliegenden Erfindung auf mikroelektronische Packungen und Einheiten erforderte die Entwicklung von Glaskeramik- (GC) -Materialien, die in Glaskeramik + Füllstoff (GC/F)-Zusammensetzungen verwendet werden können, die den in Tabelle II aufgeführten Anforderungen genügen.

In der Vergangenheit wurden Glas-, Glaskeramik- und Glas + Füll-Stoff-Systeme entwickelt und mit Erfolg in mikroelektronischen Packungen für Anwendungen mit hoher Packungsdichte verwendet. Der hauptsächliche Vorteil dieser Materialien über die konventionellen Keramiken, wie Aluminiumoxid, ist die niedrigere Brenntemperatur, die die Verwendung von Materialien mit hoher elektrischer Leitfähigkeit, wie Ag, Cu, Au und Ag-Pd als verträgliche Metallisierungen ermöglicht. Während dieser Entwicklungen entstand eine Vielzahl von Glas-Keramik- und Glas + Füllstoff-Systemen, man hat jedoch in erster Linie auf die Anpassung der Wärmedehnung an Silizium und in manchen Fällen an Ga-As Wert gelegt. Die Wärmeexpansionskoeffizienten reichen typischerweise von  $30 - 70 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ . Die Fragen der Beherrschung der Dielektrizitätskonstante, der dielektrischen Verluste, der Festigkeit, der spezifischen Masse- und Oberflächenwiderstände, der elektrischen Durchbruchfestigkeit, der chemischen Beständigkeit, des Schwundes während des Brennens und der Verträglichkeit mit der Metallisierung wurden in einem großen Bereich von Borat-, Borsilicat- und Silicat-Glas- sowie Glas-Keramik-Systemen, die Füllstoffe mit niedriger oder mittlerer Wärmeexpansion enthalten, wie Aluminiumoxid, Cordierit, Forsterit, Eucryptit usw. angesprochen. Keines dieser Glas-, Glaskeramik- und Glas + Füllstoff-Systeme erfüllt jedoch einigermaßen die Anforderungen hinsichtlich der in der Tabelle II aufgeführten Werte. Insbesondere ist der Expansionskoeffizient dieser bekannten Systeme zu niedrig, um sie mit Erfolg bei der Herstellung als Ganzes gebrannten hochdichten Mehrschicht-Keramik-auf-Metall-Schaltungsplatten verwenden zu können.

Es ist eines der Ziele der vorliegenden Erfindung

- 1) ein Glas-Keramik-System und spezielle Glas-Keramik-Materialien innerhalb dieses Systems mit geeigneten thermischen, elektrischen, chemischen und mechanischen Eigenschaften anzugeben, die sie zu möglichen Kandidaten für die Verwendung zur Herstellung von als Ganzes gebrannten hochdichten Mehrschicht-Keramik-auf-Metall-Schaltungsplatten machen und
- 2) dann geeignete Füllstoffe in solche Prospektiven GC-Kandidaten zu inkorporieren, um die GC/F-Materialien so fein abzustimmen, daß ihre Eigenschaften den in Tabelle II geforderten Werten im wesentlichen genügen.

In der folgenden Tabelle III ist ein MgO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>-System angegeben, welches CaO, ZnO und SnO<sub>2</sub> als Zusätze enthält und das für die Entwicklung von prospektiven Glas-Keramik-(GC)-Kandidaten für die Verwendung bei der Herstellung einer als Ganzes gebrannten hochdichten Mehrschicht-Keramik-auf-Metall-Schaltungsplatte gewählt wurde. Den Gläsern wurden keine Alkalioxide absichtlich zugesetzt, sie können jedoch als Verunreinigungen in den Rohmaterialien vorhanden sein. ZrO<sub>2</sub> wurde in allen Materialien als Keimbildungsmittel zur Steuerung der Kristallisation zugesetzt. Die Zusammensetzung der verschiedenen Gläser, die hergestellt und untersucht wurden, sind in der Tabelle III aufgeführt. Glas-Keramik wurde durch Wärmebehandlung der Gläser bei 850–950°C für 10–30 Minuten erzeugt. Der Wärmeexpansionskoeffizient der resultierenden Glas-Keramiken reichte von 85 bis 105 × 10<sup>-7</sup>/°C über einen Temperaturbereich von Raumtemperatur (RmT) bis etwa 600°C (wie die unten in Tabelle III aufgeführten thermischen Expansionskoeffizienten der Glas-Keramiken GC-1 bis GC-7 im speziellen zeigen), was für ein weiteres Maßschneiden durch Einbringung von Füllstoffen geeignet ist. Die Empfindlichkeit gegen Feuchtigkeit wurde dadurch bestimmt, daß die Glas-Keramiken Dampf von 1,05 × 10<sup>5</sup> Pa (15psi) für zwölf Stunden ausgesetzt wurden. Keines der Materialien zeigte eine sichtbare Verschlechterung durch die Feuchtigkeit.

Tabelle III

Prospektive Glas-Keramik-Zusammensetzungen im MgO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>-System (Gewichts-%)

Nr.	$\alpha \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$		MgO	ZnO	CaO	SnO <sub>2</sub>	ZrO <sub>2</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	RmT-600°C
	SiO <sub>2</sub>	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>							
GC-1	17	28	45	8,5	—	—	1,5	—	92
GC-2	17,8	31,0	48,6	—	—	—	2,6	—	97
GC-3	16,4	28,5	43,2	9,5	—	—	2,4	—	105
GC-4	17,5	29,5	43	—	4	—	2,0	—	86
GC-5	14,5	25,2	34,7	5,6	4,8	2,0	2,1	—	84
GC-6	14,3	24,8	34,2	—	6,7	17,9	2,1	—	86
GC-7	16,9	30,0	39,1	9,1	3,7	—	1,2	—	85
GC-8	15,9	28,3	41,2	9,23	4,2	—	1,2	—	—
GC-9	17,5	31,8	43,0	—	6,53	—	1,2	—	—
GC-10	16,7	30,4	29,9	—	21,9	—	1,1	—	—
GC-11	16,1	28,5	25,1	8,7	20,5	—	1,1	—	—
GC-12	16,8	29,8	38,8	9,1	3,6	—	0,9	1,0	—
GC-13	15,8	28,0	34,4	8,5	3,4	—	0,4	1,5	—
GC-14	16,6	30,0	31,8	8,4	3,4	—	0,4	1,5	—

Basierend auf den Zusammensetzungen der Glas-Keramiken GC-1 bis GC-14 wurden die folgenden Zusammensetzungsbereiche (in Gewichts-%) als geeignet für expansionsangepaßte Glas-Keramiken, die gemeinsam auf Cu/rostfreier Stahl/Cu-Metallkerne oder -Substrate gebrannt werden, festgestellt:

SiO <sub>2</sub>	10–20%
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20–35%
MgO	25–50%
ZnO	0–10%
CaO	0–22%
SnO <sub>2</sub>	0–18%
BaO	0–10%

Es kann möglich und zweckmäßig sein, andere Oxide einschließlich Alkali- und Schwermetalloxide in kleinen Mengen mit kleinerem Einfluß auf die Dielektrizitätskonstante und die elektrischen Verluste hinzuzufügen. Anstelle von ZrO<sub>2</sub> können auch andere Keimbildungsmittel, wie TiO<sub>2</sub> und SnO<sub>2</sub> verwendet werden. Beispielsweise können bis zu 5 Gew.-% (einzeln oder in Kombination) dieser Keimbildungsmittel eingesetzt werden. Um eine gewünschte Farbe zu erhalten, können bis zu 3 Gew.-% (einzeln oder in Kombination) von Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CoO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CuO, CeO<sub>2</sub>, und/oder Pr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> eingesetzt werden. Die Glas-Keramiken können ferner als weitere Zusätze bis zu 10 Gew.-% (einzeln oder in Kombination) Li<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, PbO, SnO<sub>2</sub> und/oder SrO enthalten.

Drei Füllstoffe wurden als Kandidaten zur Feinabstimmung der Eigenschaften der Glaskeramik ausgewählt,

nämlich Flußspat ( $\text{CaF}_2$ ), Quarz ( $\text{SiO}_2$ ) und Cristobalit ( $\text{SiO}_2$ ). Die thermischen Expansionskoeffizienten von Flußspat, Quarz und Cristobalit im Bereich von 20 bis 600°C sind 225, 237 bzw.  $271 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ . Es wurden verschiedene Glas-Keramik/Füllstoff-(GC/F)-Kombinationen mit üblichen Bandgießverfahren verarbeitet. Einer oder mehrere dieser Füllstoffe, bis zu 50 Vol.-%, wurden für die Änderung der Expansion und der Dielektrizitätskonstante der Basis-Glas-Keramik (GC) in Betracht gezogen. Durch Änderung des Füllstoffanteils im Glas-Keramik/Füllstoff-System kann der Expansionskoeffizient der Glas-Keramik/Füllstoff-Systeme bis auf  $130 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$  erhöht werden.

Fünf neue Glas-Keramik/Füllstoffmaterialien GC/F-1 bis GC/F-5 mit Eigenschaften, die sie für die Verwendung bei der Herstellung als Ganzes zum Verbinden der Struktur und zum Sintern der Keramik fertiggebrannten mehrschichtigen Keramik-Schaltungsplatten geeignet machen, sind unten in Tabelle IV aufgeführt. Es wurde gefunden, daß von diesen fünf Glas-Keramik/Füllstoffmaterialien die Typen GC/F-4 und GC/F-5 insgesamt die besten Eigenschaften für den vorliegenden Zweck haben.

Tabelle IV

	GC/F-1	GC/F-2	GC/F-3
Zusammensetzung (Gew.-%)	70 GC-7 + 15 Flußspat + 15 Quarz	75 GC-8 + 25 Flußspat	70 GC-9 + 15 Quarz + 15 Flußspat
Expansionskoeffizient ( $10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ ) (RmT.-600°C)	116	106	110
Dielektrizitäts-Konstante (bei 10 kHz)	6,4	5,6	6,5
Verlust-Faktor (bei 10 kHz)	0,2%	0,2%	0,2%

	GC/F-4	GC/F-5
Zusammensetzung (Gew.-%)	70 GC-12 + 15 Flußspat + 15 Quarz	70 GC-13 + 15 Flußspat + 15 Quarz
Expansionskoeffizient ( $10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ ) (RmT.-600°C)	115—116	120—125
Dielektrizitäts-Konstante (bei 1 MHz)	6,2—6,4	6,3—6,9
Verlust-Faktor (bei 10 kHz)	0,1%	0,3%
(bei 1 MHz)	0,3%	0,5%
Max. Brenn-Temp. (°C)	930—950	910—920
Feuchtigkeits-Beständigkeit HHBT (60°C, 90% rF, 48 V)	gut bestanden	gut bestanden
Spez. Volumen-Widerstand	$> 10^{12} \text{ Ohm} \cdot \text{cm}$	$> 10^{12} \text{ Ohm} \cdot \text{cm}$

Zur weiteren Erhöhung des Wärmeexpansionskoeffizienten und zur Verbesserung des Schwundverhaltens können insgesamt bis zu 50 Gew.-% der Füllstoffe Quarz, Flußspat und Cristobalit einzeln oder in Kombination verwendet werden.

Ein Beispiel einer mikroelektronischen Packung oder eines Mehrchip-Moduls ist in Fig. 1 dargestellt. Die als Ganzes gebrannte Keramik-auf-Metall-Struktur 10 enthält die Metallbasis 12, welche eine erste und eine zweite Hauptfläche 14 bzw. 16 aufweist, und die gemeinsam gebrannte mehrschichtige Keramik 20, die mit der ersten Hauptfläche 14 durch die Glas-Bindeschicht 18 verbunden ist. Jede Lage des laminierten Glas-Keramik/Füllstoff-Bandes kann vor dem Brennen mit geeigneten Löchern oder Vias versehen werden, welche nach dem Brennen Schlitze 22 in der gemeinsam gebrannten mehrschichtigen Keramik 20 bilden, so daß integrierte Schaltungschips 24 (oder andere Komponenten) unmittelbar auf der Metallbasis 12 angebracht werden können. Ein Gehäuse 26, das die jeweiligen Chips 24 abdeckt, kann neben der Keramik 20 auch mit der Metallbasis 12 verbunden werden. Die Chips 24 werden elektrisch, z. B. durch Drahtverbinden oder andere bekannte Mittel elektrisch angeschlossen. Alternativ können die Chips 24 jeweils durch eine nicht leitende Vergußmasse oder Verkapselung 26 geschützt werden.

An der entgegengesetzten Hauptfläche 16 der Basis 12 ist ein Kleber 32 ein Kühlkörper 30 angebracht. Die mikroelektronische Einheit enthält ferner eine Struktur 34, mit der das Multichip-Modul in einem nicht dargestellten Gerät montiert werden kann.

Obwohl in Fig. 1 nicht dargestellt, enthält die gemeinsam gebrannte mehrschichtige Keramik 20 metallische Leiter, die derzeit Ag und Ag/Pd enthalten. Metallische Leiter, die Cu oder Au enthalten, sollten jedoch ebenfalls

mit den gemeinsam gebrannten mehrschichtigen Keramik-auf-Metall-Platten des hier beschriebenen Typs verträglich sein.

Die neuen Glas-Keramik-(GC)-Materialien, die in Tabelle I aufgeführt sind und insbesondere auch die Glas-Keramik/Füllstoff-Materialien, die in Tabelle IV aufgeführt sind, wurden zwar für die Verwendung in einer mikroelektronischen Packung oder Halterungsstruktur einer Keramik-auf-Metall-Multichip-Moduls des in Fig. 1 dargestellten Typs entwickelt, diese neuen Materialien sind jedoch sicher auch für andere übliche Mehrschicht-Keramik-Packungen oder Halterungsstrukturen mit oder ohne Metallbasis oder Metallsubstrat brauchbar.

Bei dem in Fig. 2 dargestellten neuen Verfahren wird eine Glas-Bindeschicht 18 beispielsweise durch Sprüh-Basis 12 aufgebracht. Bei einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wurde eine Schicht aus einer Suspension hergestellt worden war, indem man es in Pulver, geeigneten Lösungsmittels, wie 2-Propanol, Aceton, Ethanol zugeht wird. Die laminierte Keramik-Schicht 20 kann getrennt in mehreren Lagen aus selektiv metallisiertem Glas-Keramik/Füllstoff-Band aufeinanderstapelt und die laminierte Struktur einer Vorheizung organischer Bestandteile aus ihr zu entfernen und einen monolithischen Keramik-Schicht 20 kann alternativ dadurch gebildet werden, indem man mitgestanzten Durchbrüchen versehenen Glas-Keramik/Füllstoff-Band auf die Glas-Bindeschicht 18 aufbringt. Bei dem bevorzugten Verfahren wird die Glas-Bindeschicht 18, das Glas der Bindeschicht vorher fließen zu lassen und eine Glas-Schicht 18 bildet. Dann wird die Glas-Bindeschicht 18 mit einer Dicke von etwa 0,025 mm auf der Oberfläche 14 zu bilden. Dann wird die Glas-Bindeschicht 18 gelegt und die ganze Struktur wird zusammen, als eine Schicht 18, etwa 2–20 Minuten bei einer Temperatur von 900–930°C Brenntemperaturen beim gemeinsamen Endbrand hängen von der Keramik-Schicht 20 ab. Die Haftung der mehrschichtigen Keramik-Schicht 20 an der Glas-Bindeschicht 18 resultiert, verringert den gemeinsamen Brennens ganz erheblich und der Volumenschwindung oder Dickenrichtung beschränkt.

#### Patentansprüche

1. Als Ganzes gebrannte mehrschichtige Keramik-auf-Metall-Platte nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Platte aus einer Basis (12), einer Bindeschicht (18) aus Glas auf der Basis (12) und mehreren Schichten eines Keramikbandes auf der Bindeschicht (18) besteht, wobei jede Schicht der mehreren Schichten ein Glas-Keramik/Füllstoff-Material enthält.
2. Schaltungsplatte nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Glas-Keramik/Füllstoff-Material Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweist, die bei einer Temperatur bis etwa 600°C weitgehend übereinstimmen.
3. Schaltungsplatte nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Glas-Keramik/Füllstoff-Material die folgenden Eigenschaften hat:
  - a) einen Wärmeausdehnungskoeffizienten im Bereich von  $5 \times 10^{-7}$  bis  $10 \times 10^{-7}$  /°C;
  - b) eine Dielektrizitätskonstante unter 6,9 bei 1 MHz und
  - c) einen Verlustfaktor von höchstens 0,5% bei 1 MHz.
4. Schaltungsplatte nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Glas-Keramik/Füllstoff-Material eine ausgewählte Glas-Keramik-Schicht (20) enthält.
5. Schaltungsplatte nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Glas-Keramik/Füllstoff-Material aus mindestens 50 Gew.-% Glas-Keramik/Füllstoff-Material besteht und daß das Füllstoff-Material ein Glas-Keramik/Füllstoff-Material enthält.
6. Schaltungsplatte nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Glas-Keramik/Füllstoff-Material aus einem der folgenden Materialien besteht: Cu, Al, Cu/Invar/Cu, Cu/Mo/Cu und Cu/rostfreier Stahl/Cu.
7. Schaltungsplatte nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine der Schichten der gemeinsamen gebrannten mehrschichtigen Keramik (20) aufgedruckte elektrische Leiter aus mindestens einem der Leitermaterialien Ag, Au, Pt, Ni und Cu enthält.
8. Schaltungsplatte nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die mehrschichtige Keramik (20) mindestens einen Schlitz (22) aufweist, durch den eine mikroelektronische Komponente (24), die auf dem Metall (12) angebracht ist, in den Schlitz (22) reicht und direkt an dem darunter liegenden Metall (12) angebracht ist.
9. Schaltungsplatte nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die mikroelektronische Komponente (24) ein integriertes-Schaltungs-Plättchen enthält.
10. Schaltungsplatte nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die mikroelektronische Komponente (24) und den Schlitz (22) angebracht ist.
11. Schaltungsplatte nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die mikroelektronische Komponente (24) in einer Verkapselung (26), die die mikroelektronische Komponente (24) umgibt, angebracht ist, die auf der mehrschichtigen Keramik (20) angebracht ist.
12. Schaltungsplatte nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die mikroelektronische Komponente (24) in einer Verkapselung (26), die die mikroelektronische Komponente (24) umgibt, angebracht ist, die auf der mehrschichtigen Keramik (20) angebracht ist.



(24) durch die abdeckende Verkapselung (26) hermetisch  
 13. Material, welches eine ausgewählte Glas-Keramik  
 enthält, die sich für die Verwendung bei der Herstel-  
 keramischen Schaltungsplatte eignet, dadurch gekenn-  
 5 peraturbereich von Raumtemperatur bis etwa 600°C er-  
 85—105 × 10<sup>-7</sup>/°C aufweist.

14. Material nach Anspruch 13 gekennzeichnet durch ei-  
 expansionskoeffizienten, um den Wärmeexpansionskoe-  
 im Bereich von 85—105 × 10<sup>-7</sup>/°C der ausgewählten C  
 90—130 × 10<sup>-7</sup>/°C im Bereich von Raumtemperatur bis

15. Verfahren zum Herstellen einer als Ganzes gebrant-  
 mehrschichtige Keramik-Anordnung auf einer Metall-  
 aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß

eine Bindschicht (18) aus Glas auf eine (14) der Haupt-  
 15 welche Glas-Bindschicht einen Wärmeexpansionskoeff-  
 die mehrschichtige Keramik (20) auf der Glas-Bindschicht  
 die Basis, die Bindschicht aus Glas und die mehrschichti-  
 die ausreicht, um die Keramik sicher an der Basis anzub-

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzei-  
 mehrschichtige Keramik (20) auf ihr angeordnet wird, a-  
 das Glas der Bindschicht vorher fließen zu lassen.

17. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet  
 900°C bis 930°C durchgeführt wird.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 17, d-  
 Stickstoffatmosphäre durchgeführt wird.

eschlossen ist.

einem MgO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>-Glaskeramik-System  
 inner als Ganzes gebrannten, mehrschichtigen  
 et, daß die Glas-Keramik selbst in einem Tem-  
 Wärmeexpansionskoeffizienten im Bereich von

füllstoff mit einem ausreichend hohen Wärme-  
 ten des Materials von dem betreffenden Wert  
 Keramik selbst auf einen Wert im Bereich von  
 600°C zu erhöhen.

Keramik-Metall-Schaltungsplatte, die eine  
 enthält, welche entgegengesetzte Hauptflächen

(14, 16) der Metallbasis (12) aufgebracht wird,  
 hat, der nicht größer als der der Basis ist,

angeordnet wird und

Keramik auf eine Temperatur erhitzt werden,

daß die Bindschicht (18) aus Glas, bevor die  
 Temperatur von etwa 450°C erhitzt wird, um

die Erhitzung bei einer Temperatur von etwa

gekennzeichnet, daß die Erhitzung in einer

Hierzu 2 Seite(n) Z

ngen

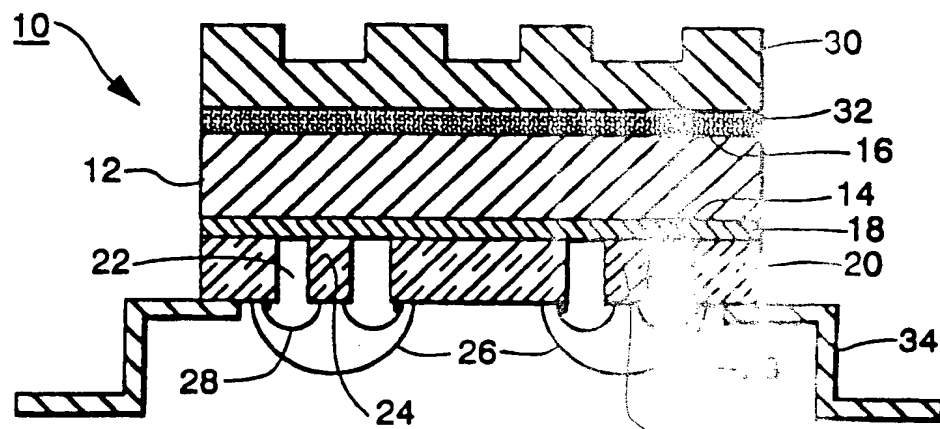


Fig. 1

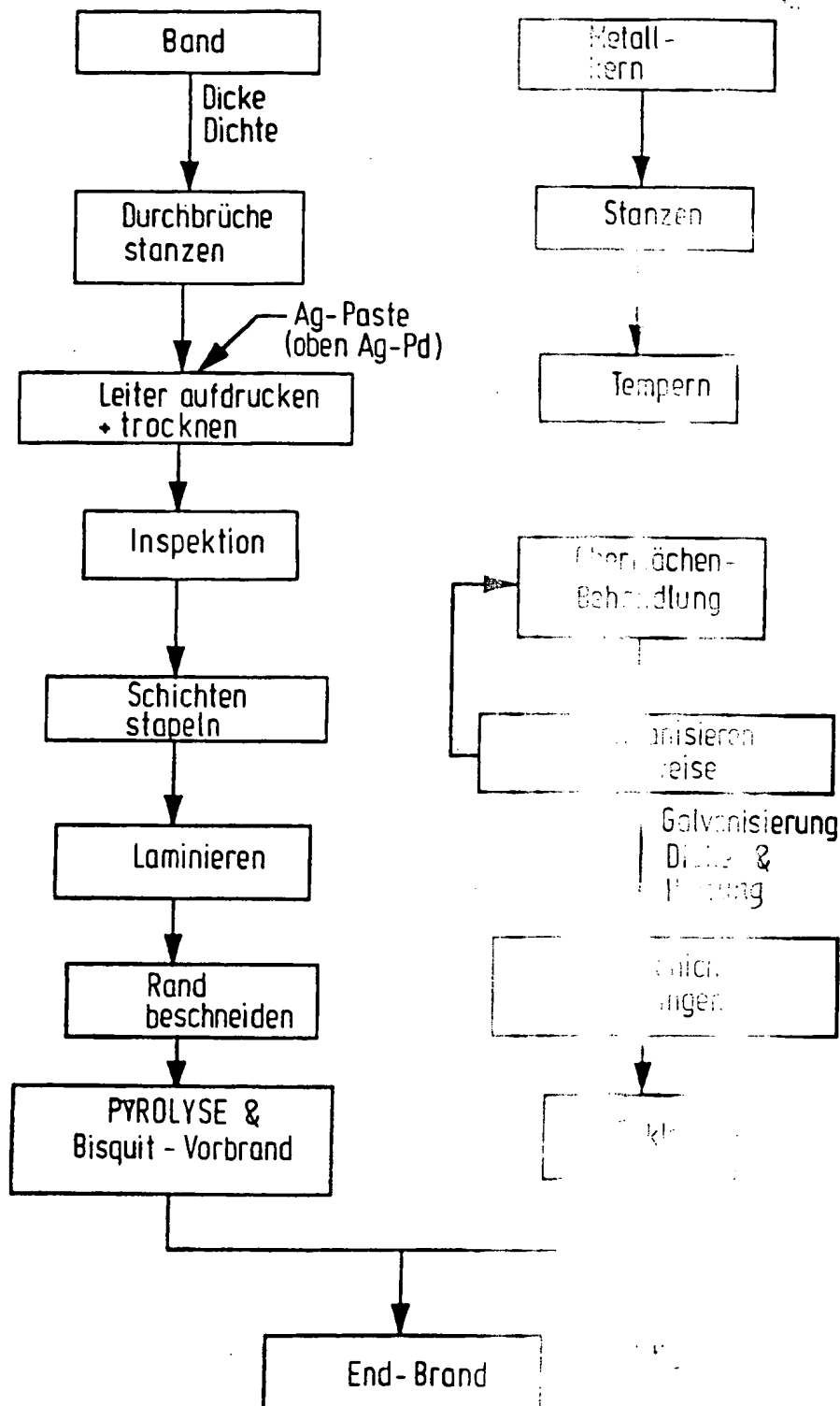


Fig. 2